中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）36(4)：435～444 (1987)

土壤添加物防治豌豆萎凋及根腐病之研究[1]

林益昇　羅朝村[2]

摘要：豌豆萎凋及根腐病菌之厚膜孢子在酸性土壤中皆可發芽良好，其發芽率隨 pH 值上升而降低，但在pH 4－7之間，並不影響病害發生程度，惟有 pH7.4 之處理才有顯着差異。在溫室裡，添加不同劑量之氰氮化鈣，SH 混合物，及石灰於土中（pH4.2），可提高容積土壤及根圈土壤之 pH 值，但隨時間之增加，根圈土壤 pH 值會被中和而趨近於6－7之間。氰氮化鈣可抑制萎凋及根腐病菌及其引起之病害，SH 混合物則僅抑制萎凋病（菌），而石灰處理則毫無抑制作用。在新社試驗田（萎凋病），經上述土壤添加物處理後，各種添加物皆不太影響容積土壤之 pH 值。一九八五年期，各種添加物並不影響土壤中病原菌之族羣密度，但是氰氮化鈣可抑制萎凋病的發生，而 SH 混合物（臺肥公司產品）及石灰處理則可延遲病勢的發展。一九八六年期，各種添加物亦不太影響土壤中病菌族羣密度，但是氰氮化鈣及SH混合物（實驗室製造）則可抑制萎凋病，石灰處理則否。土壤pH值似乎非其抑制因子，其抑制機構則有待進一步研究。

由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* Snyd. & Hans. 所引起之萎凋病和 *F. solani* f. sp. *pisi* Synd. & Hans. 所引起之根腐病本是省豌豆之重要病害[13]。本省豌豆栽培，主要採多季裡作，與兩期水稻輪作（以下稱多季豌豆）。該二病害可因輪作水稻及種子處理而降低危害[1,6]。但在其他季節裡，農友為搶較高之市場價格，也競相在高冷地或蔬菜專業區與旱地蔬菜輪作豌豆（以下稱夏季豌豆），却嚴重發生萎凋及根腐病，甚至已成為栽培夏季豌豆之限制因子，迄無適當防治方法。

適宜豌豆生長之溫度為 20°C 以下[3]，本省夏季豌豆之栽培，却為高溫多濕的環境，尤其中、南部地區夏季之日平均溫度常高達28°C，不適豌豆生長，植株或因此易失一般抗性（general resistance)[7]。又適宜豌豆生長之土壤pH值為6.5[3]，而筆者調查夏季豌豆田之土壤pH值，除少數呈中性或微碱性外，大都偏酸性，尤其山坡地豌豆田，其土壤pH值在 4.5～5.5 範圍者俯拾皆是。這種環境或許給予豌豆植株某種程度的壓迫力（stress），易為病菌所乘[8]。前人報告[7,10,11,16]也指出酸性土壤較適宜若干鐮胞萎凋菌之發展，但 pH 值對豌豆萎凋及根腐病之影響如何？仍待進一步探討。上述不良環境條件下，要保護夏季豌豆生長的策略，或許應該是多方面的綜合防治。除了發展抗病品種之外，利用耕作方式及土壤添加物來保護根系發展，增强植株之一般抗性，或許可減少該二病害之危害。許多報告[7,8,10,17]發現土壤添加物可減少鐮胞菌引起的病害。最近本省推廣氰氮化鈣及 SH 混合物[17]於多種作物上，前者屬於一種有機肥料，兼能防治甘藍菌核病[9]，和根瘤病[19]；後者屬於有機和無機混合之添加物，對西瓜蔓割病[2]，蘿蔔黃葉病[4,5]，十字花科蔬菜根瘤病[20]，及胡瓜疫病[12]有防治效果。除此外，SH 混合物也會抑制*Pythium aphanidermatum* 引起之胡瓜猝倒病（作者未發表），增强根系健康。

本論文研究氰氮化鈣，SH混合物及石灰等土壤添加物對土壤pH 值之影響，及對豌豆萎凋及根腐病之防治效果。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1381 號。本文蒙農委會補助，特致謝忱。

2.本所植病系研究員兼主任、助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

一、試驗材料：

1.供試菌株爲本所植病系土壤傳染性植物病害研究室所保存之豌豆萎凋病菌及根腐病菌，代號分別爲Fop-73及Fsp-6 (13)

2.土壤添加物包括氰氮化鈣（Perlka, SKW Trostberg的產品，含N, 18%；CaO, 50%以上），石灰（輕質碳酸鈣，瑞元興化工廠）及 SH 混合物（Bagasse, 4.4%；Rice husk, 8.4%；Oyster shell powder, 4.25%；Urea, 8.25%；$CaHPO_4$, 13.16%；KNO_3, 1.01%；Slag, 60.5%）。本研究使用之SH混合物包括臺肥公司之產品，代號爲 SH-T，及本研究室依上述配方自行配製之產品，代號爲 SH-H

二、試驗方法：

1.病原菌厚膜孢子之製作：

將培養在 PDA 斜面（24°C，12小時照光）21天之 Fop-73 及 Fsp-6 菌株，作成胞子懸浮液（10^3 spores/ml），每 45ml 各裝於 250ml 之三角瓶中，並倒入已高壓滅菌之2%芹菜汁液（內含0.03M Na_2SO_4）5ml，培養7—14天後，以均質機打碎菌絲，過濾即可得大量厚膜孢子。

2.病土之製作：

將供試菌株栽培於高壓殺菌（121°C, 15lb, 30min）之玉米砂栽培基（河砂，100g；玉米粉，3g；蒸餾水，15ml）上，經3wk，倒出陰乾。再將之與供試土壤混合調節成所需之含菌量。土壤含菌量是採稀釋平板法，在 Nash-PCNB 培養基 (14) 上測定之。

3.土壤pH值之測定：

秤取容積土壤（bulk soil）樣品10g，與含有0.01M $CaCl_2$ 之水溶液20ml混合攪拌均勻後，靜置1hr，再以酸碱值測定計（Philips PW 9420）測定其容積土壤之pH值。另外，取盆栽豌豆（臺中十一號）3棵，小心抖落容積土壤後，再以毛筆輕刷根部表面所附着之土壤，秤取1g，與0.01M $CaCl_2$之水溶液2ml混合震盪後，靜置1hr，再以上述酸碱值測定計之微電極管測定根圈土壤（rhizosphere soil）之pH值。

4.土壤pH值對病原菌厚膜孢子發芽及萎凋與根腐病之影響：

取石灰加入新社土壤（壤土，pH4.2），調節土壤 pH 值至4.2～7.5之間，經一個月，待其穩定後，再加入萎凋及根腐病菌之厚膜孢子（10^5 propagules/g soil）。經1wk，取10g土壤滴上 2.5ml 之0.5% glucose及0.5% asparagine（w/v）溶液，置25°C，經16hr後，以棉藍染色，固定後再鏡檢，計算其發芽率。

另外，取上述調製不同pH值之病土（10^3 propagules/g soil）於溫室中（23～34°C）種植豌豆（臺中十一號），每隔七天調查土壤 pH 值的變化，並觀察及記錄萎凋病及根腐病之發病程度。發病程度以根腐指數（0＝無病徵；1＝子葉節上有小病斑；2＝子葉節上有大病斑；3＝主根及莖基部都有病斑；4＝嚴重根腐，植株死亡），及黃化指數（%）（葉片黃化高度佔全株高的比例，以每25%爲一級，分爲0～4級，全株死亡列爲第5級，計算各植株發病級數之加權平均）表示之。

5.土壤添加物對豌豆萎凋及根腐病之影響：

(i) 溫室試驗：

取新社土壤，加入萎凋及根腐病菌，使其密度達10^3 propagules/g soil 之後，再以重量比（w/w），分別加入0.5，1或5%之氰氮化鈣；0.2，0.5或1%之石灰；1，5或10%之 SH-T混合物；1，2或5%之SH-H混合物，及不加添物之對照處理。各處理之土壤裝在直徑14cm之花盆裡，3重複。然後灌水使達田間含水量，隨即測定病菌密度，爾後每隔4天再測一次，維持14天後，再播植豌豆種子（臺中十一號），每盆10粒，置網室中（20～28°C）經50天後檢查並記錄根腐指數與黃化指數。

(ii) 田間防治試驗：

選取臺中縣新社鄉黃新發農友之2分地旱田（壤土），該田於1984年春季曾種植豌豆，土壤 pH 值爲4.2左右，萎凋病菌之密度爲 4.6×10^3 propagules/g soil，根腐菌病則在 5×10^2 propagules/g soil 左右。防治試驗於1985年（3月7日～5月27日）與1986年（3月11日～5月30日）各進行一次。試驗前先添加雞糞（3,000kg/ha）於試驗田，按逢機完全區集設計，再分別加入各種添加物，做成各種處理，包括（i）氰氮化鈣（300kg/ha）；（ii）石灰（1,800kg/ha）；(iii) SH混合物（1985年使用 SH-T, 900kg/ha隔20天後再追加 450kg/ha；1986年使用 SH-H, 1,600kg/ha）及（iv）不再加任何添加物之對照處理，3重複。土壤經上述添加物處理後，隨即灌水，兩週後開畦點播經藥劑 (arasan & graphite 各500×) 處理之豌豆種子（臺中十一號），每穴5粒，間距30cm並施用加寶扶 (carbofuran) 粒劑40kg/ha防治蟲害。試驗期間，每週調查土壤pH值，土壤中萎凋及根腐病菌之密度以及病害之發展。

結　果

一、土壤添加物對土壤pH值之影響：

在溫室裡，新社土壤（pH 4.2）經氰氮化鈣，或石灰處理後，其容積土壤之pH 值皆隨添加物使用量之增加而升高，經2wk後才趨穩定。pH值提高的幅度最高可達4個單位（$CaCN_2$, 5%之處理）。而SH混合物亦可使容積土壤之 pH 值提高，但不同來源之SH-T及SH-H混合物之反應稍有差異，前者使pH值提高之後，於2星期後又大幅下降，到第四星期才趨穩定，提高pH 值之幅度在2個單位之內，而後者提高土壤pH值後一直維持到第八星期之後，才稍有下降，提高pH 值之幅度在2－3個單位（圖一）。

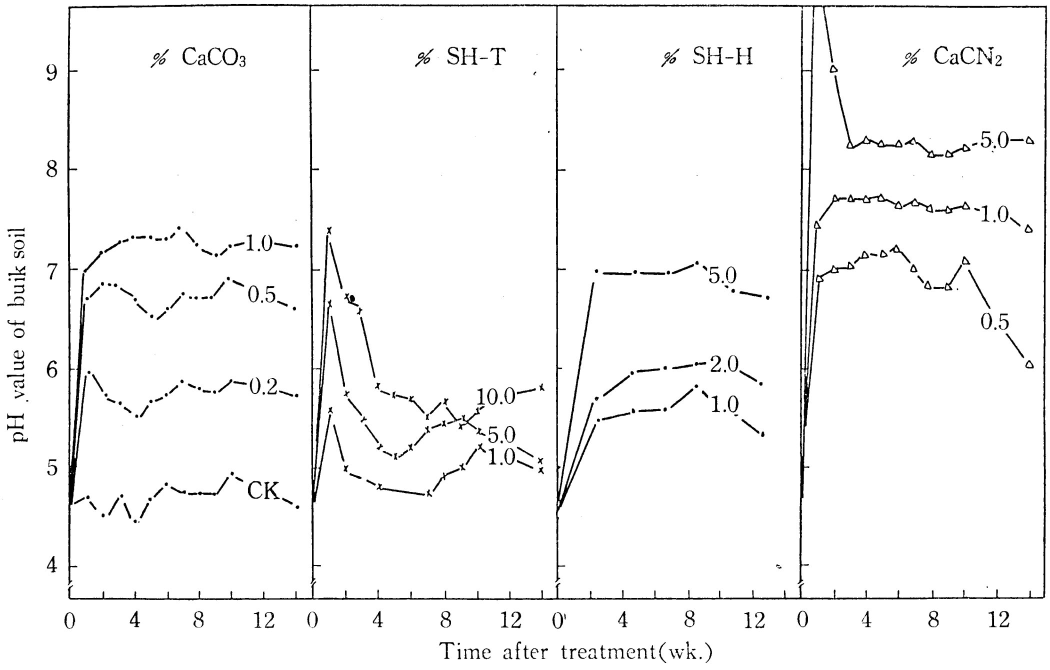

Fig. 1. Effect of soil amendments on the pH value of bulk soil in greenhouse.

圖1. 溫室裡土壤添加物對容積土壤pH值之影響。

另外，根圍土壤pH值乃於土壤經添加物處理後4星期才開始測定與記錄。根圍pH 值亦隨添加物用量之增加而提高，但不似容積土壤pH值之變動劇烈，而且隨時間之增加，其pH 值則漸趨近於6－7之間（圖二）。

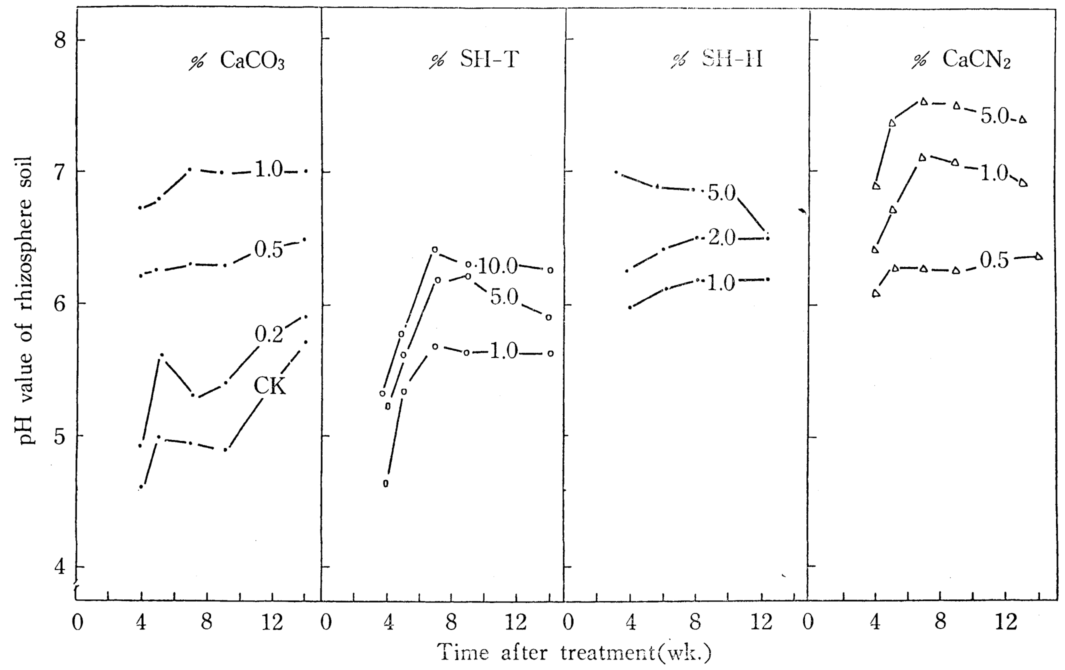

Fig. 2. Effect of soil amendments on the pH value of rhizosphere soil. Fea plants were seeded in soil 2 weeks after treatment in greenhouse.

圖2. 溫室裡土壤添加物對根圈土壤pH值之影響。土壤添加物處理二星期後再播植豌豆。

二、土壤pH值對厚膜孢子發芽及萎凋與根腐病之影響：

在實驗室裡，新社土壤經石灰處理後，其 pH 值之變化須經一個月後才趨穩定，爾後於試驗期間三個月內，其 pH值甚少變化。由圖三的結果顯示，萎凋及根腐病菌厚膜孢子在土壤 pH 4.5～5.5之

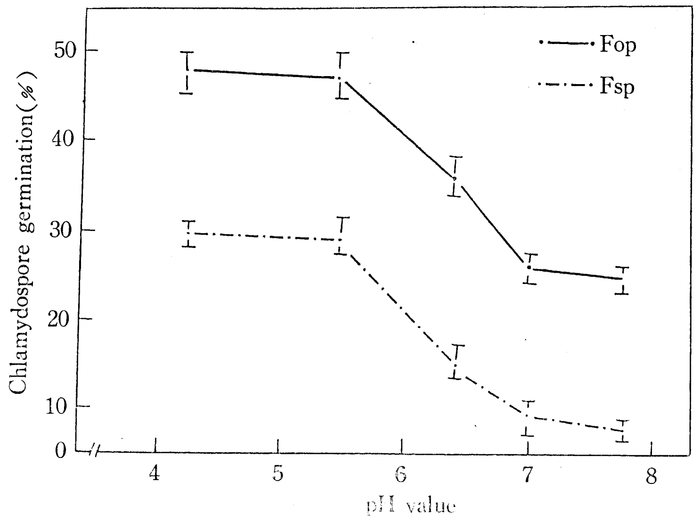

Fig. 3. Effect of soil pH value on the chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* (Fop) and *F. solani* f. sp. *pisi* (Fsp).

圖3. 土壤pH值對豌豆萎凋及根腐病厚膜孢子發芽之影響。

間皆發芽良好，從pH6.5其發芽率開始降低，pH 値愈高發芽率愈低。但是表一的結果顯示， pH4.0～7.0對萎凋及根腐病菌發病程度之影響無差異，pH7.4的處理才顯着減少該二病害的發生。

表1. 溫室裡土壤 pH 值對豌豆萎凋及根腐之影響

Table 1. Influence of soil pH value on the disease incidence of peas caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* and *F. solani* f. sp. *pisi* in greenhouse

pH	Wilt index (%)[1]	Root rot index[2]
4.4	83.7a[3]	2.6a
5.2	97.7a	3.0a
6.0	92.0a	3.0a
7.0	92.7a	3.0a
7.4	64.3b	2.0b

[1] The height of leaf yellowing to the height of plant (%).
[2] 0=Healthy; 1=Small lesion on cotyledon node; 2=Large lesion on cotyledon node; 3=Root decay, extending up to basal stem or down to tap root; 4=Severe decay and death of plant.
[3] Data followed by the same letter in each column are not different significantly (P=0.05), according to Duncan's multiple range test.

三、土壤添加物對萎凋及根腐病之影響：

1.溫室試驗：

表二及表三的結果顯示，各種添加物對萎凋及根腐病菌及其引起的病害的影響是有相關性的。氰

表2. 溫室裡土壤添加物對豌豆萎凋及根腐病菌存活之影響

Table 2. Survival of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* and *F. solani* f. sp. *pisi* in soil amended with different amendments in greenhouse

Amendment	Dosage (%, w/w)	Propagules/g soil ($\times 10^2$) after treatment (wk)							
		0	4	8	14	0	4	8	14
		Fop				Fsp			
CK		20	32	21	16a[1]	20	29	16	18a
$CaCO_3$	0.2	20	29	13	13ab	20	16	10	10bc
	0.5	20	24	13	13ab	20	32	10	10bc
	1.0	20	13	10	10bc	20	16	10	13ab
SH-T	1.0	20	21	18	13ab	20	26	13	13ab
	5.0	20	16	8	2de	20	32	13	13ab
	10.0	20	5	8	2de	20	13	13	10bc
SH-H	1.0	20	20	20	14ab	20	32	24	18a
	2.0	20	10	12	8c	20	22	18	18a
	5.0	20	7	5	3de	20	8	13	13ab
$CaCN_2$	0.5	20	10	2	5cd	20	6	3	8bc
	1.0	20	0	0	0e	20	0	0	0d
	5.0	20	0	0	0e	20	0	0	0d

[1] Data followed by the same letter in each column are not different significantly (P=0.05), according to Duncan's multiple range test.

表3. 溫室裡土壤添加物對豌豆萎凋及根腐病之影響

Table 3. Effect of various soil amendments on the disease incidence of Fusarium wilt and root rot of peas in greenhouse

Amendment	Dosage (%, w/w)	Weeks after treatment			
		10	14	10	14
		Wilt index (%)		Root rot index	
CK		61	75a[1]	2.7	3.2ab
$CaCO_3$	0.2	56	75a	2.4	3.3ab
	0.5	58	75a	2.5	3.6a
	1.0	54	72a	2.3	3.4ab
SH-T	1.0	42	71a	2.6	2.9b
	5.0	31	64b	2.3	3.3ab
	10.0	18	58b	2.5	3.6a
SH-H	1.0	41	73a	2.6	3.6a
	2.0	16	43c	2.4	3.6a
	5.0[2]	—	—	—	—
$CaCN_2$	0.5	16	47c	1.2	2.1c
	1.0	14	44c	1.3	2.0c
	5.0	0	2d	0	0.3d

1 Data followed by the same letter in each column are not different significantly (P=0.05), according to Duncan's multiple range test.

2 The plants did not grow well.

氰化鈣之各種用量皆有顯着的抑制作用；石灰處理則毫無抑制力；而SH 混合物則對根腐病及根腐病菌毫無抑制作用，對萎凋病及萎凋病菌則有不同程度之防治效果。在實驗室製作之 SH 混合物 (SH-H) 之抑制效果較優，只要達到 2 %以上之使用量即有抑制效果，但 5 % 的使用量卻有抑制豌豆生長之現象。而臺肥公司出品之 SH 混合物 (SH-T) 之抑制效果較差，須要達到 5 %以上的使用量才有抑制效果，但是即使高達10%之使用量也無礙豌豆生長。

2.田間防治試驗：

一九八五年期，試驗田經各種添加物處理後， (i) 土壤pH值除了 SH-T 之處理不太變動外，其他處理則提升 1 ～ 2 個單位，直到63天後仍維持在pH5左右，較原來土壤 pH4.0高出一個單位 (表四) ； (ii) 萎凋病及根腐病菌在土壤中之密度則不因各種添加物處理而有所變動 (表五) ； (iii) 對病害而言，田間植株於播種後第 7 週開始表現黃化病徵，各種添加物處理之發病速度較對照區慢，至第 11 週各處理之發病率為對照區 80%；石灰，56%；SH-T, 49%；及氰氮化鈣，11% (表六) 。經檢查病株並分離病原菌的結果發現，罹病株乃由萎凋病菌 (Fop) 所引起，而Fsp 引起之根腐病並不顯着。

一九八六年期的重複試驗顯示， (i) 氰氮化鈣，及SH-H處理可有效減少萎凋病菌在土壤中之密度，對根腐病菌則氰氮化鈣有抑制現象，而SH-H 無效，而石灰處理則對該二病菌皆無抑制力，與對

表4. 一九八五年期新社試驗田土壤添加物對容積土壤pH值之影響

Table 4. Bulk soil pH values of soils amended with different materials 2 weeks before planting peas at Hsin-sir experimental plots from March 7 to May 27, 1985

Soil amendments	Bulk soil pH value after treatment (days)								
	0	14	21	28	35	42	49	56	63
CK	4.2	4.6	4.7	4.2	4.6	4.2	4.0	4.4	4.4
$CaCO_3$	4.0	4.6	5.8	5.5	5.8	5.4	5.5	5.4	5.2
SH-T	4.2	4.5	4.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.2
$CaCN_2$	4.1	5.8	5.8	5.2	5.3	5.2	5.1	5.2	5.0

表5. 新社試驗田土壤添加物對豌豆萎凋及根腐病菌之影響

Table 5. Population fluctuation of *Fusarium cxysporum* f. sp. *pisi* (Fop) and *F. solani* f. sp. *pisi* (Fsp) in the soil of Hsin-sir experimental plots before and ten weeks after treatment with soil amendments in 1985 and 1986

Experiment	Soil amendment	Propagules/g soil after treatment (wk)			
		0	10	0	10
		Fop		Fsp	
I (1985)	CK	3,300	1,300	—	700
	$CaCO_3$	3,000	2,300	700	200
	SH-T	3,000	2,600	—	300
	$CaCN_2$	3,300	2,300	500	400
II (1986)	CK	787	1,155a[1]	533	666a
	$CaCO_3$	787	755ab	480	666a
	SH-H	850	488b	547	533a
	$CaCN_2$	850	399b	533	310b

[1] Data followed by the same letter in each column are not different significantly ($P=0.05$), according to Duncan's multiple range test .

照無差異（表五）；（ii）對田間發生之萎凋病，仍以氰氮化鈣及 SH-H 處理之發病速度較慢，石灰及對照處理之發病速度較快，至第11週各處理之發病率爲對照區，79%；石灰，57%, SH-H, 46% 及氰氮化鈣，39%（表六）。經檢查病株及分離病原菌的結果顯示，仍以萎凋病爲主，根腐病則不顯着。

表6. 新社試驗田土壤添加物對豌豆萎凋及根腐病之影響

Table 6. Disease incidence of pea plants caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in soil amended with different materials at Hsin-sir experimental plots in 1985 and 1986

Experiment	Soil amendment	Disease incidence (%) after planting (wk)		
		7	9	11
I (1985)	CK	6a	37a	80a[1]
	$CaCO_3$	5a	17b	56b
	SH-T	3a	17b	49b
	$CaCN_2$	0b	0c	11c
II (1986)	CK	12a	42a	76a
	$CaCO_3$	15a	42a	57ab
	SH-H	6b	19b	46bc
	$CaCN_2$	6b	19b	39c

[1] Data followed by the same letter in each column are not different significantly (P=0.05), according to Duncan's multiple range test.

討　論

一般而言，由 *Fusarium* spp. 引起之萎凋病及根腐病都在酸性土壤中發生較為嚴重[7,10,11,16]，尤其根圈土壤 pH 值對多基因控制的根腐菌而言，更為有效，但對單基因控制之萎凋病菌則不一定有效，因為這種單基因控制之抵抗性較不受環境因子的影響[16]。本研究的結果發現容積土壤 pH值在6.5以上即可降低根腐及萎凋病菌厚膜孢子的發芽率，但並非完全抑制（圖四）。而盆栽試驗顯示只有土壤pH值達到7.4以上時，才稍可抑制該二病害（表一）。但是根圈土壤 pH 值或許由於根部表面之分泌物有中和酸鹼值的緣故[15]，除氰氮化鈣，5%使用量之處理之外，其他處理之根圈土壤pH值則皆趨向中性，落在 pH 6—7之間（圖三）。這種提高 pH 值的現象，卻無法在田間試驗中有所表現，一九八五年在新社試驗田加入各種添加物之後，其容積土壤之 pH 值變化不大，氰氮化鈣和石灰處理可提高一個單位的pH值，而SH混合物和對照處理卻無差異（表四）。可見新社土壤或許對pH值的緩衝力很高，或許是添加物的使用量不足的緣故。在這種情況下，石灰處理無法抑制病害發生，而氰氮化鈣及SH 混合物仍有抑制效果（表二、三、五、六），或許已可確定pH值並非其主要影響因子。氰氮化鈣不但可抑制萎凋病，也可抑制根腐病，筆者將另文報告其作用機制乃因其分解過程之中間產物有殺菌作用之緣故（作者未發表）。

不論是盆栽（表二、三）或是田間防治試驗（表五、六）結果顯示，SH 混合物對豌豆根腐病防治效果較差，對萎凋則遲緩發病速度，是量而不是質的防治效果。但是以間歇採收豌豆莢的情況而言，減緩發病速度就是保護產量。一九八七年春季，在農林廳補助下，於溪湖地區特別提出防治示範栽培，結果發現 SH 添加物處理區與對照區之萎凋病發病率分別為 5%及45%，差異極顯着。許多報告[2,4,5,20]已報導 SH 混合物抑菌或抑病的本質，但對豌豆萎凋病之抑病機制仍有待進一步探討。

另外，實驗室裡自行配製之SH混合物（SH-H）不論對土壤 pH 值之提升，抑制病菌存活，或病害的發生，都較臺肥公司出品之 SH 混合物（SH-T）有更優良的效果，惟有對豌豆植株的傷害，則SH-H 較 SH-T 為烈。其原因仍舊不明，但鑑於 SH 混合物是各種有機物及無機物之混合體[2]，其品質原就不易控制，或許存放過久之SH-T 其品質更已產生變化，為得優良效果，應該使用新鮮的

產品。

引用文獻

1. 汪碧涵、林益昇・1985・豌豆萎凋及根腐病菌在水稻田裡之生態。植保會刊 27：317—324。
2. 孫守恭、黃振文・1983・土壤添加物防治西瓜蔓割病之研究。植保會刊 25：127—137。
3. 郭魁士・1977・土壤學第二版。中國書局印行，永和、臺灣、中華民國 801p。
4. 黃振文、孫守恭、莊慶芳・1986・蘿蔔黃葉病綜合防之研究。植保治會刊 28：81—90。
5. 羅朝村・1983・蘿蔔黃葉病菌之生理、生態研究及防治試驗，碩士論文，中興大學植病研究所，臺中、臺灣，102P。
6. Anonymous。1962. Pea Diseases. Agriculture handbook No. 228, USDA, Washington, D. C., U. S. A., 30p.
7. Baker, K. F. and R. J. Cook. 1974. Biological Control of Plant Pathogens. Freeman and Company, San Francisco, U. S. A., 433p.
8. Cook, R. J. and K. F. Baker. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. APS, St. Paul, Minn., U. S. A., 539p.
9. Gabrielson, R. L., W. C. Anderson and F . R. Nyvall. 1973. Control of *Sclerotinia sclertiorum* in cabbage seed fields with aerial applications of benomyl and ground applications of cyanamide. Plant Dis. Reptr. 57 : 164-166.
10. Garrett, S. D. 1970. Pathogenic Root-infecting Fungi. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 294p.
11. Jones, J. P. and A. J. Overman. 1971. Control of Fusarium wilt with lime and soil fumigants. Phytopathology 61 : 1415-1417.
12. Lin, Y. S. and Rey-Shung Wu. 1985. Ecology and control of *Phytophthora melonis* in drained paddy field. Pl. Prot. Bull. (Taiwan, R. O. C.) 27 : 257-266.
13. Lin, Y. S., W. Sun and Pie-Han Wong. 1984. Fusarium root and wilt of garden peas in Taiwan. J. Agric. Res. China (Taiwan, R. O. C.) 33 : 395-405.
14. Nash, S. M. and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. Phytopathology 52 : 567-572.
15. Schroth, M. and D. C. Hildebrand. 1964. Influence of plant exudates on root-infecting fungi. Ann. Rev. Phytopathol. 2 : 101-132.
16. Smiley, R. W. 1975. Forms of nitrogen and the pH in the root zone and their importance to root infections. pp. 55-62 in: Biology and Control of Soil-borne Plant Pathogens, G. W. Bruehl (ed), APs, St. Paul, Minn., U. S. A., 216p.
17. Sun, S. K., and J. W. Huang. 1985. Formulated soil amendment for controlling Fusarium wilt and other soil-borne diseases. Plant Dis. 69 : 917-920.
18. Tu, J. C. 1987. Integrated control of the pea root rot disease complex in Ontario. Plant Dis. 71 : 9-13.
19. Walker, J. C. 1935. Calcium cyanamie in relation to control of club-root of cabbage. J. Agric. Res. 51 : 183-189.
20. Yang, C. H. and W. H. Hsieh. 1985. Efferct of soil amendment on clubroot of crucifers. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R. O. C.) 27 : 225-231.

Control of Fusarium Wilt and Root Rot of Garden Peas by Soil Amendments[1]

Y. S. Lin and C. T. Lo[2]

Summary

The chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* and *F. solani* f. sp. *pisi* could germinate well in acid soil. The germination rate was reduced by increasing the soil pH. However, both wilt and root rot diseases were reduced only at pH 7.4, not at the range of pH 4.0 to 7.0. In greenhouse, adding different dosages of calcium cyanamide , S-H mixture and lime to the soil (pH 4.2), the pH values of both bulk and rhizosphere soils were raised, but the rhizosphere soil pH was neutralized to 6.0 to 7.0 with time. Calcium cyanamide could inhibit the wilt and root rot pathogens and diseases; S-H mixture could only inhibit the wilt pathogen and disease, but lime had no effect. In Hsin-sir experimental plots, the bulk soil pH values and both wilt and root rot pathogens were not changed very much by using soil amendments. In the plots of 1985, wilt disease was inhibited by calcium cyanamide and reduced by S-H mixture (product of Taiwan Fertilizer Company) and lime. In the plots of 1986, however, both calcium cyanamide and S-H mixture (home-made) could reduce the wilt disease, but lime had no effect. Soil pH seems not to be the main factor. More researches on the mechanisms of disease suppression need to be done in the future.

1. Contribution No. 1381 from the Taiwan Agricultural Research Institute. This project was supported in part by the Council of Agriculture.
2. Plant Pathologist and Head, and Assistant, Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, R. O. C.